

fu. 910 050 266

Diseño de antenas de ranuras sobre guía radial con haz orientado

Juan Ramón Rey Gómez, María Vera Isasa, Manuel S. Castañer*, Manuel Sierra*.

Dpto. T.C., E.T.S.I. Telecomunicaciones, U.Vigo

Lagoas Marcosende s/n, 28040 Pontevedra

Tel: +34 86 21 17 Fax: +34 86 81 21 16

e-mail: mirentxu@tsc.uvigo.es

*Dpto. Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones, U.P.M. Madrid

Abstract.

This paper presents a design method for DBS-TV antennas with tilted beam using RLSA (Radial Line Slotted Antenna) technology. This method let us obtain valid results for angles between 0° and 20° of beam tilting as it is showed below; this results have been validated using the suitable software for it.

1. Introducción.

Las antenas planas de ranuras sobre guía radial se han presentado como una alternativa válida a las antenas reflectoras en aplicaciones en las que se necesita una elevada ganancia, como puede ser el segmento de recepción de DBS-TV, debido a un proceso de construcción simple y barato y a su, en general, menor tamaño para unas prestaciones similares.[1]

Estas antenas presentan además una mayor versatilidad a la hora del diseño, como así lo atestiguan las numerosas variantes ya usadas actualmente[2], (doble guía, doble polarización... etc.). En este artículo presentaremos una técnica de diseño que, haciendo uso de la tecnología RLSA (Radial Line Slot Antenna), nos permita obtener una antena con haz orientado; a diferencia de los diseños anteriores, en los que se trataba de realizar una antena con un diagrama de radiación broadside. Esto nos permitirá prescindir de la estructura de soporte de la antena, así como una mayor facilidad para mantenerla correctamente orientada en condiciones de vientos fuertes.

1. Diseño de la antena

Para conseguir el objetivo descrito primero es necesario hallar el campo necesario en la apertura a fin de conseguir un máximo de radiación y una polarización circular en la dirección de exploración deseada, definida por (θ_0, ϕ_0) . Este campo tendrá genéricamente la forma:

$$\vec{E}_{ap} = E(\rho', \phi')(\hat{x} + j\hat{y}) \quad (1)$$

Dada dicha expresión la condición necesaria y suficiente sobre el factor a presente en la expresión anterior, para que el campo producido en una dirección determinada tenga polarización circular a izquierdas en dicha dirección es que:

$$a = -\sqrt{\frac{\cos^2 \theta_0 \operatorname{tg}^2 \phi_0 - 1}{\operatorname{tg}^2 \phi_0 - \cos^2 \theta_0}} \quad (2)$$

Para que además el máximo de radiación se produzca en esa misma dirección la fase del campo en la apertura en un dS de coordenadas (ρ', ϕ') ha de ser tal que el campo lejano radiado por el mismo se

sume en fase con el radiado por todos los otros dS de la apertura en ese punto. Si suponemos que por la guía se propaga un modo con una variación lineal de la fase, como corresponde al modo fundamental de la guía radial, y que la fase en el punto de alimentación es 0 ó un múltiplo entero de 2π , y que además está rellena por un dieléctrico de permitividad relativa ϵ_r , esta fase ha de ser:

$$k_g \rho' \sin \theta_0 \cos(\phi_0 - \phi') \quad (3)$$

con lo cual haciendo uso de la expresión (2) podemos concluir que el campo de apertura deseado ha de tener la forma:

$$E_{ap} = (\hat{x} + j\hat{y})e^{jk_g \rho' \sin \theta_0 \cos(\phi_0 - \phi')} \quad (4)$$

Un segundo paso en el diseño de estas antenas es el diseño del elemento radiante. Se ha optado por un diseño ya existente [2] que radia polarización circular en la dirección perpendicular al plano de la antena, y que para tal fin ha de estar formado por una combinación de dos ranuras con inclinaciones suplementarias (la suma de sus inclinaciones con respecto a la radial (α) es de π radianes), de forma que la más exterior se acople tanto más al campo interno en la guía que la más interior a fin de compensar la atenuación del modo que se propaga entre las placas debido a la diferencia de caminos. El elemento radiante empleado en este diseño tiene una inclinación fija respecto a la radial de $\pi/4$ radianes para la ranura más interna del par y de $3\pi/4$ para la más exterior, además estas dos ranuras han de ser tal que:

$$k_g(\rho_2 - \rho_1) = \pi + \phi_1 - \phi_2 \quad (5)$$

El siguiente paso a seguir será la aplicación de la condición de fase, que nos dice que el campo en la apertura, hallado anteriormente, y el producido por la ranura en puntos alejados de la misma han de estar en fase. Sabemos que el campo creado en la ranura haciendo uso de un análisis pormenorizado de los elementos que componen la antena, siguiendo un método basado en el método de los momentos que nos da una buena estimación de la impedancia de entrada, nos ha permitido saber que el campo lejano radiado por una ranura con respecto a sus parámetros es de la forma:

$$\vec{E}_i = E_0 \sin(\alpha_i) F(L_i) \frac{1}{\sqrt{k_0 \rho_i}} e^{-jk_0 \rho_i} (\hat{x} \cos(\alpha_i + \phi_i) + \hat{y} \sin(\alpha_i + \phi_i)) \quad (6)$$

donde L_i es la longitud de la ranura i , α_i la inclinación con respecto a la radial, y ϕ_i , ρ_i sus coordenadas angular y radial respecto a la alimentación respectivamente.

Como hemos visto la condición de polarización ha de ser satisfecha por un par de ranuras pero la de fase ha de ser satisfecha por cada una de ellas. La interpretación física de esta condición de fase es que las ranuras sólo se pueden encontrar en aquellas posiciones de la antena que la cumplan, i.e. nos impone una restricción sobre la distribución de ranuras en la apertura, en función del dieléctrico usado y del ángulo de exploración. Así pues la posición radial de las primeras ranuras de cada elemento radiante ha de cumplir:

$$\rho_i = \frac{\lambda_0}{2\pi \sin \theta_0 \cos(-\phi_i) - \sqrt{\epsilon_r}} \arctg(a \cdot \tg(\phi_i + \alpha_i)) \quad (7)$$

La posición de los elementos radiantes ha de calcularse además teniendo en cuenta la condición de muestreo, que nos impone que la distancia media entre elementos radiantes ha de ser igual o menor a una longitud de onda, en nuestro caso esta condición va a ser crítica pues la distancia en la dirección radial entre elementos radiantes situados en vueltas consecutivas es mayor que una longitud de onda, y se hace mayor a medida que aumenta el θ_0 requerido, haciendo necesaria la colocación de un dieléctrico entre las placas, lo que encarece notablemente el proceso de fabricación de la antena.

Finalmente una vez determinada la posición de cada uno de los elementos que componen el array de ranuras se necesita saber el nivel de acoplamiento a la guía de cada una de ellas, siguiendo para ello el algoritmo de distribución de los acoplos descrito en [1] y [4], que nos permite estimar las longitudes de las ranuras necesarias para una iluminación uniforme de la apertura, y dado que resulta imposible obtener una disposición de las ranuras que elimine completamente la potencia residual, se termina la guía con una carga adaptada, para evitar que la onda reflejada degrade las prestaciones de la antena.

3. Resultados experimentales y conclusiones.

A continuación se procede a aplicar el proceso de diseño descrito para una antena destinada a la recepción de DBS-TV, con un haz orientado a 10° con respecto a la perpendicular de la superficie de la antena, y para su análisis se hará uso de una herramienta software existente para esta tecnología, el programa Aplanar [4]. Algunos de los parámetros usados más importantes de la antena son:

- $\theta_0 = 10^\circ$, $\phi_0 = 0^\circ$.
- Número de ranuras 894
- Distancia entre elementos radiantes $0.45 \lambda_g$
- Distancia entre las ranuras del par $0.275 \lambda_g$

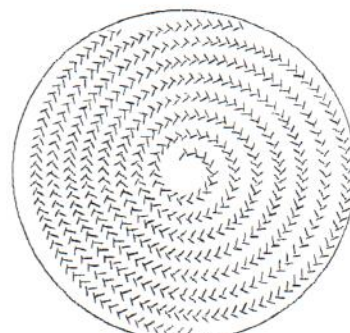
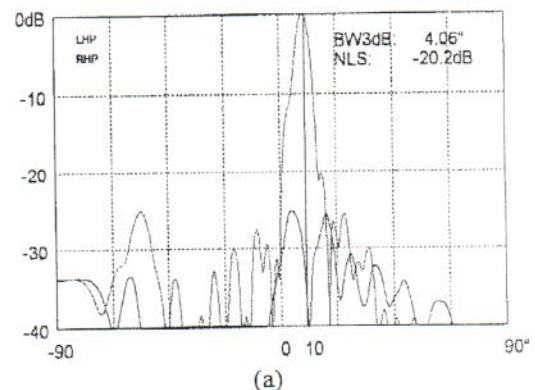
- $\epsilon_r = 1.5$

- Diámetro de la antena 360 mm.

Asimismo al analizar la antena propuesta obtenemos una directividad de 29.28 dB así como una relación polar-contrapolar superior a los 30 dB en la dirección del máximo de radiación siendo el ancho de banda a 3dB de 4.06° , si a estos resultados unimos el diagrama de radiación representado en la figura 1a esto nos permite decir que las prestaciones de la antena son las adecuadas para la recepción de la señal directa transmitida desde un satélite.

6. Referencias.

- [1] M. Vera Isasa, "Antenas de ranuras en guía radial. Análisis, diseño y aplicaciones". Tesis Doctoral, Universidad de Vigo, 1996.
- [2] M. Ando, "New DBS Receiver Antennas". Proceedings of the European Microwave Conf., Madrid, Sp., p.84-92 Sept 1994.
- [3] M. S. Castañer, M. Sierra, M. Vera, J. García, L.M. Amador, "Software de análisis y diseño de antenas planas de ranuras para recepción de televisión vía satélite". URSI-97, p.343-346. Bilbao, Sept. 1997.
- [4] M. S. Castañer, M. Vera. "Diseño de antenas de ranuras en guía radial teniendo en cuenta los acoplamientos mutuos". URSI-96, p. 484-487, Madrid, Sept. 1996.



Método de diseño: inclinación fija. Polarización circular: izquierdas.

(b)
Fig1. Antena y diagrama de radiación para una antena RLSEA con haz orientado a 10°